

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-002847

(43)Date of publication of application : 07.01.2000

(51)Int.Cl.

G02B 26/10
B41J 2/44
G02B 5/18
H04N 1/113

(21)Application number : 10-181699

(71)Applicant : CANON INC

(22)Date of filing : 12.06.1998

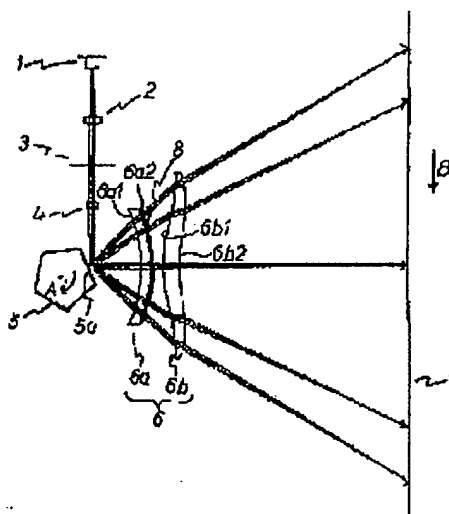
(72)Inventor : TOYODA KOJI

(54) SCANNING OPTICAL DEVICE AND MULTI-BEAM SCANNING OPTICAL DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a scanning optical device and a multi-beam scanning optical device which are of small type and realize highly minute print with a simple configuration resistant to focus change caused by environmental changes (temperature changes).

SOLUTION: This scanning optical device guides a luminous flux emitted from a light source means 1 to a deflection means 5, and images the luminous flux deflected by the deflection means 5 in a spot form on a plane 7 to be scanned by a scanning optical means 6, and optically scans over the plane to be scanned. In this case, the scanning optical means 6 has plural optical elements, and a diffracting optical element 8 is formed on at least one of the curved surfaces.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

13.06.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3559711

[Date of registration]

28.05.2004

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2000-2847
(P2000-2847A)

(43)公開日 平成12年1月7日(2000.1.7)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームコード [*] (参考)
G 0 2 B 26/10		G 0 2 B 26/10	B 2 C 3 6 2
	1 0 2		D 2 H 0 4 5
B 4 1 J 2/44		5/18	1 0 2 2 H 0 4 9
G 0 2 B 5/18		B 4 1 J 3/00	5 C 0 7 2
			D
審査請求 未請求 請求項の数13 F D (全 20 頁) 最終頁に続く			

(21)出願番号 特願平10-181699

(22)出願日 平成10年6月12日(1998.6.12)

(71)出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72)発明者 豊田 浩司

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内

(74)代理人 100086818

弁理士 高梨 幸雄

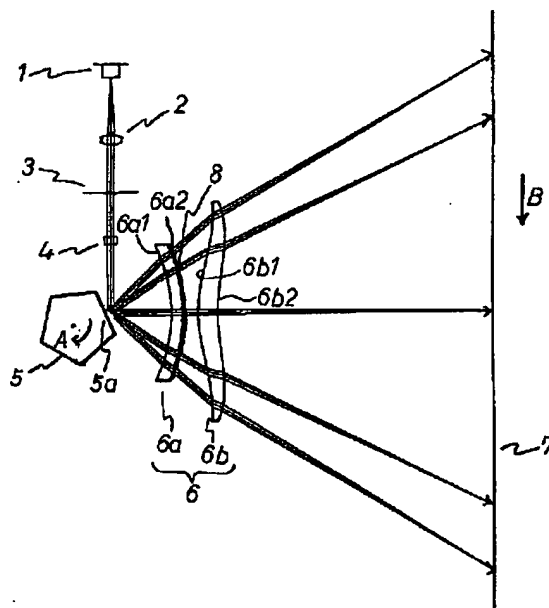
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 走査光学装置及びマルチビーム走査光学装置

(57)【要約】

【課題】 環境変動(温度変化)によるピント変化に強く、かつ簡易な構成で、高精細な印字が得られる小型の走査光学装置及びマルチビーム走査光学装置を得ること。

【解決手段】 光源手段1から射出された光束を偏向手段5に導光し、該偏向手段により偏向された光束を走査光学手段6により被走査面7上にスポット状に結像させ、該被走査面上を光走査する走査光学装置において、該走査光学手段は複数の光学素子を有し、そのうち少なくとも1つの曲面上に回折光学素子8を形成したこと。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光源手段から射出された光束を偏向手段に導光し、該偏向手段により偏向された光束を走査光学手段により被走査面上にスポット状に結像させ、該被走査面上を光走査する走査光学装置において、該走査光学手段は複数の光学素子を有し、そのうち少なくとも1つの曲面上に回折光学素子を形成したことを特徴とする走査光学装置。

【請求項2】 前記回折光学素子は副走査方向に正のパワーを有することを特徴とする請求項1記載の走査光学装置。

【請求項3】 前記回折光学素子は主走査方向に正のパワーを有することを特徴とする請求項1記載の走査光学装置。

【請求項4】 前記回折光学素子は主走査方向、副走査方向ともに異なる正のパワーを有することを特徴とする請求項1記載の走査光学装置。

【請求項5】 前記回折光学素子は装置の環境変動によって発生する前記走査光学手段の収差変動を、該環境変動によって生じる前記光源手段の波長変動を利用することによって相殺するように機能することを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項記載の走査光学装置。

【請求項6】 前記回折光学素子は前記光学素子の前記被走査面側の面上に形成されていることを特徴とする請求項1乃至5のいずれか1項記載の走査光学装置。

【請求項7】 複数の発光部を有する光源手段から射出された複数の光束を偏向手段に導光し、該偏向手段により偏向された複数の光束を走査光学手段により被走査面上にスポット状に結像させ、該被走査面上を該複数の光束で同時に光走査するマルチビーム走査光学装置において、該走査光学手段は複数の光学素子を有し、そのうち少なくとも1つの曲面上に回折光学素子を形成したことを特徴とするマルチビーム走査光学装置。

【請求項8】 前記回折光学素子は副走査方向に正のパワーを有することを特徴とする請求項7記載のマルチビーム走査光学装置。

【請求項9】 前記回折光学素子は主走査方向に正のパワーを有することを特徴とする請求項7記載のマルチビーム走査光学装置。

【請求項10】 前記回折光学素子は主走査方向、副走査方向ともに異なる正のパワーを有することを特徴とする請求項7記載のマルチビーム走査光学装置。

【請求項11】 前記回折光学素子は装置の環境変動によって発生する前記走査光学手段の収差変動を、該環境変動によって生じる前記光源手段の波長変動を利用することによって相殺するように機能することを特徴とする請求項7乃至10のいずれか1項記載のマルチビーム走査光学装置。

【請求項12】 前記回折光学素子は前記複数の発光部

を有する光源手段の発振波長の差によって発生する前記走査光学手段の収差変動を、相殺するように機能することを特徴とする請求項7乃至10のいずれか1項記載のマルチビーム走査光学装置。

【請求項13】 前記回折光学素子は前記光学素子の前記被走査面側の面上に形成されていることを特徴とする請求項7乃至12のいずれか1項記載のマルチビーム走査光学装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は走査光学装置及びマルチビーム走査光学装置に関し、特に光源手段から射出される光束（光ビーム）を回転多面鏡等の光偏向器を介して記録媒体面である被走査面上に導光し、該被走査面上を該光束で走査することにより、文字や情報等を記録するようにした、例えばレーザービームプリンタやデジタル複写機等の装置に好適なものである。

【0002】

【従来の技術】従来よりレーザービームプリンタやデジタル複写機等に用いられている走査光学装置は、光源手段から射出された光束を偏向手段で偏向し、該偏向された光束を走査光学手段により被走査面である感光ドラム面上にスポット状に結像させ、該被走査面上を走査している。

【0003】近年、この種の走査光学装置における走査光学手段は低価格化及びコンパクト化の要求から、プラスチック材料より成るプラスチックレンズを使用したもので主流となっている。しかしながらプラスチックレンズは使用環境の変化（特に温度変化）に伴ない屈折率が変化するという性質を持つため、該プラスチックレンズを用いた走査光学装置では環境変動による主走査方向のビント変化や倍率変化等が生じるという問題点がある。

【0004】このような問題点を解決するため、例えば特開平10-68903号公報で提案されている走査光学装置ではレンズ面上に回折光学素子を形成し、該走査光学装置の温度変動に伴ない主走査方向のビント変化や倍率変化等を、走査光学手段の屈折部と回折部とのパワー変化と、光源手段である半導体レーザーの波長変動により補正している。

【0005】図27は同公報で提案されている走査光学装置の主走査方向の要部断面図（主走査断面図）である。同図において半導体レーザー等より成る光源手段11から射出した光束はコリメーターレンズ12によって略平行光束に変換される。該変換された略平行光束は開口絞り13によって最適なビーム形状に整形され、シリンドリカルレンズ14に入射する。該シリンドリカルレンズ14は副走査方向にパワーを有し、回転多面鏡等より成る光偏向器15の偏向面15a近傍に主走査方向に長手の線状光束として結像する。ここで主走査方向とは偏向走査方向に平行な方向、副走査方向とは偏向走査方

向に垂直な方向であり、以後同様とする。そして該線状光束は光偏向器15により等角速度で反射偏向され、 $f\theta$ 特性を有する走査光学手段としての単玉の $f\theta$ レンズ16により、被走査面である感光ドラム面(記録媒体面)17上にスポット状に結像され、該感光ドラム面17上を等速度で光走査している。

【0006】同公報においては単玉の $f\theta$ レンズ16の被走査面17側に回折光学素子18が形成されており、走査光学装置の温度変動に伴う主走査方向のピント変化や倍率変化等を走査光学手段16の屈折部と回折部とのパワー変化と、光源手段である半導体レーザー11の波長変動により補正している。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら同公報では走査光学手段に単玉レンズを使用しているために収差補正上の自由度が低く、今後の更なる高精細化の要求に対して困難が生じる傾向にある。この具体例として図28に同公報の実施形態1の走査光学手段における主走査方向の瞳10割光線のコマ収差を示す。同図において横軸は像高(単位: mm)、縦軸はコマ収差(単位: 波長 λ)である。ここでのコマ収差とは主走査断面瞳 ± 10 割の波面収差の差分を2で割った値を用い、非対称成分を評価している。このときの主走査方向のスポット径は $80\mu\text{m}$ に設定している。同図から明らかなように中間像高ではコマ収差が約0.12 λ 程度発生している。

【0008】一般的にコマ収差が0.1 λ を越えてくると主方向方向にサイドローブの発生が目立つようになり、良好なるスポット形状が得られず、印字画像に影響を及ぼす。高精細化の為に、更にスポット径を小さくした場合、コマ収差は急激に悪化しスポット形状の乱れを生じさせてしまう。

【0009】また副走査方向においても高精細化の為にスポット径をさらに小さくした場合、波面収差の発生が顕著になり、スポット形状が乱れてしまう。さらに一般的に走査光学手段では倒れ補正を行なうために偏向手段の偏向面付近で光束を副走査方向に一旦結像させ、偏向面と被走査面間を共役結像関係に設定している。その為、主走査方向に比べて副走査方向の方がパワーが強い為に環境変動に伴うピント変化も大きく発生する。高精細化の為にスポット径を小さくした場合、焦点深度も狭くなる為、ピント変化によって副走査方向のスポット径が大きく変化してしまう。

【0010】また近年、高速化の要求に対して複数の光束(光ビーム)を用いて被走査面上を走査するマルチビーム走査光学装置が種々と提案されている。

【0011】しかしながら各光束の波長に差が生じる場合、 $f\theta$ 特性が波長によって異なるために倍率色収差が発生する。そのため各光束によって被走査面を走査する長さが異なり、例えば書き出し側を一致させたとしても、書き終わり側は各々異なる位置となり、ジッタとし

て画像に影響を及ぼすことになる。

【0012】また加工の容易性を考慮すると、回折光学素子は平面上に形成することが適しているが、収差補正上の自由度が減ることにより、良好なる光学性能を得ることが困難になる。特に非球面形状を用いることにより良好な補正が可能となっている部分倍率や $f\theta$ 特性に対する影響は大きく、レンズ枚数の増加、レンズの大型化等の弊害を伴ってしまう。

【0013】本発明の第1の目的は走査光学装置において、走査光学手段を構成する複数の光学素子のうち少なくとも1つの曲面上に回折光学素子を形成することにより、環境変動(温度変化)によるピント変化に強く、かつ簡易な構成で、高精細な印字が得られる小型の走査光学装置の提供にある。

【0014】本発明の第2の目的はマルチビーム走査光学装置において、走査光学手段を構成する複数の光学素子のうち少なくとも1つの曲面上に回折光学素子を形成することにより、環境変動(温度変化)によるピント変化や倍率変化等に強く、かつ簡易な構成で、高精細な印字が得られる小型のマルチビーム走査光学装置の提供にある。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明の走査光学装置は、(1) 光源手段から射出された光束を偏向手段に導光し、該偏向手段により偏向された光束を走査光学手段により被走査面上にスポット状に結像させ、該被走査面上を光走査する走査光学装置において、該走査光学手段は複数の光学素子を有し、そのうち少なくとも1つの曲面上に回折光学素子を形成したことを特徴としている。

【0016】特に(1-1) 前記回折光学素子は副走査方向に正のパワーを有することや、(1-2) 前記回折光学素子は主走査方向に正のパワーを有することや、(1-3) 前記回折光学素子は主走査方向、副走査方向ともに異なる正のパワーを有することや、(1-4) 前記回折光学素子は装置の環境変動によって発生する前記走査光学手段の収差変動を、該環境変動によって生じる前記光源手段の波長変動を利用することによって相殺するように機能することや、(1-5) 前記回折光学素子は前記光学素子の前記被走査面側の面上に形成されていること、等の特徴としている。

【0017】本発明のマルチビーム走査光学装置は、(2) 複数の発光部を有する光源手段から射出された複数の光束を偏向手段に導光し、該偏向手段により偏向された複数の光束を走査光学手段により被走査面上にスポット状に結像させ、該被走査面上を該複数の光束で同時に光走査するマルチビーム走査光学装置において、該走査光学手段は複数の光学素子を有し、そのうち少なくとも1つの曲面上に回折光学素子を形成したことを特徴としている。

【0018】特に(2-1) 前記回折光学素子は副走査方向

に正のパワーを有することや、(2-2) 前記回折光学素子は主走査方向に正のパワーを有することや、(2-3) 前記回折光学素子は主走査方向、副走査方向ともに異なる正のパワーを有することや、(2-4) 前記回折光学素子は装置の環境変動によって発生する前記走査光学手段の収差変動を、該環境変動によって生じる前記光源手段の波長変動を利用することによって相殺するように機能することや、(2-5) 前記回折光学素子は前記複数の発光部を有する光源手段の発振波長の差によって発生する前記走査光学手段の収差変動を、相殺するように機能することや、(2-6) 前記回折光学素子は前記光学素子の前記被走査面側の面上に形成されていること、等の特徴としている。

【0019】

【発明の実施の形態】図1は本発明の実施形態1の走査光学装置の主走査方向の要部断面図(主走査断面図)である。

【0020】同図において1は光源手段であり、例えば半導体レーザーより成っている。2はコリメーターレンズであり、光源手段1から射出した発散光束を収束光束に変換している。3は開口絞りであり、コリメーターレンズ2から射出した光束を所望の最適なビーム形状に形成している。4はシリンドリカルレンズであり、副走査方向に所定のパワー(屈折力)を有し、開口絞り3から射出した光束を後述する偏向手段5の偏向面5a上付近に副走査断面内において結像(主走査断面内においては長手の線像)させている。5は偏向手段としての光偏向器であり、例えば回転多面鏡より成り、モーター等の駆動手段(不図示)により図中矢印A方向に一定速度で回転している。

【0021】6は $f\theta$ 特性を有する走査光学手段であり、第1、第2の光学素子($f\theta$ レンズ系)6a、6bを有している。第1の光学素子6aは第1面(光線入射面)6a1、第2面(光線射出面)6a2ともに被走査面側に正(凸)を向けた球面で構成され、回折系によるパワーが主走査方向、副走査方向ともに異なる正(凸)になるように第2面6a2に回折光学素子8が形成され

ている。第2の光学素子6bは主走査方向、副走査方向ともに異なる正(凸)のパワーを有するアナモフィックレンズより成り、第1面(光線入射面)6b1、第2面(光線射出面)6b2ともにトーリック面で構成されている。主走査方向は第1面6b1、第2面6b2ともに非球面形状であり、副走査方向は第1面6b1、第2面6b2ともに曲率半径が光軸から離れるに従い連続的に変化している。第1、第2の光学素子6a、6bはともにプラスチック材料で成形されている。さらに走査光学手段6は副走査断面内において偏向面5aと被走査面7との間を共役関係にすることにより、倒れ補正機能を有している。7は被走査面としての感光ドラム面(記録媒体面)である。

【0022】本実施形態において半導体レーザー1より射出した発散光束はコリメーターレンズ2により収束光束に変換され、開口絞り3によって所望のビーム形状に整形してシリンドリカルレンズ4に入射する。シリンドリカルレンズ4に入射した光束のうち主走査断面内においてはそのままの状態で射出する。また副走査断面内においては収束して光偏向器5の偏向面5aにほぼ線像(主走査方向に長手の線像)として結像する。そして光偏向器5の偏向面5aで反射偏向された光束は走査光学手段6により感光ドラム面7上にスポット形状に結像され、該光偏向器5を矢印A方向に回転させることによって、該感光ドラム面7上を矢印B方向(主走査方向)に等速度で光走査している。これにより記録媒体である感光ドラム面7上に画像記録を行なっている。

【0023】本実施形態における走査光学手段6を構成する第1の光学素子6a及び第2の光学素子6bの屈折系及び回折系の形状は各光学素子面と光軸との交点を原点とし、光軸方向をX軸、主走査断面内において光軸に垂直な方向をY軸、副走査断面内において光軸に垂直な方向をZ軸とすると、各々次のように表わせる。

【0024】①屈折系 主走査方向…下式の10次までの関数で表される非球面形状

【0025】

【数1】

$$X = \frac{Y^2 / R}{1 + (1 - (1 + K) (Y/R)^2)^{1/2}} + B_4 Y^4 + B_6 Y^6$$

$$+ B_8 Y^8 + B_{10} Y^{10}$$

但し、Rは曲率半径、k、 B_4 、 B_6 、 B_8 、 B_{10} は非球面係数

(係数に添字uが付く場合、光軸よりレーザー側係数に添字lが付く場合、光軸より反レーザー側)

副走査方向…曲率半径がY軸方向に連続的に変化する球面形状

$$r = r (1 + D_2 Y^2 + D_4 Y^4 + D_6 Y^6 + D_8 Y^8 + D_{10} Y^{10})$$

但し、rは曲率半径、 D_2 、 D_4 、 D_6 、 D_8 、 D_{10} は非球面係数

(係数に添字uが付く場合、光軸よりレーザー側係数に添字lが付く場合、光軸より反レーザー側)

②回折系 Y、Zの10次までの巾多項式の位相関数で表される回折面

$$W = C_1 Y + C_2 Y^2 + C_3 Y^3 + C_4 Y^4 + C_5 Y^5 + C_6 Y^6 + C_7 Y^7 + C_8 Y^8 + C_9 Y^9 + C_{10} Y^{10}$$

$$+E_1 Z^2 + E_2 Y Z^2 + E_3 Y^2 Z^2 + E_4 Y^3 Z^2 \\ + E_5 Y^4 Z^2 + E_6 Y^5 Z^2 + E_7 Y^6 Z^2 + E_8 Y^7 Z^2 + E_9 Y^8 Z^2$$

($C_1 \sim C_{10}$ 、 $E_1 \sim E_9$ は位相係数)

表-1に本実施形態における光学配置を示し、表-2に屈折系の非球面係数及び回折系の位相係数を示す。

【0026】ここで θ_1 は偏向手段前後の光学系の、各々の光軸の成す角、 θ_{max} は最軸外を走査したときの光束と走査光学手段の光軸との成す角、 f は像高を Y 、走査角を θ としたときに $Y=f\theta$ で与えられる定数である。

る。

【0027】図2、図3、図4、図5は各々第1の光学素子6aの第2面6a2における回折光学素子8の形態を示す図である。各図において横軸は回折光学素子8における Y 軸座標を表わす。図2は主走査断面内の位相量(単位： λ)、図3は主走査断面内の1次回折光での回折格子のピッチ(単位： μm)、図4は主走査方向のパワー、図5は副走査方向のパワーを示す図である。

【0028】

【表1】

表-1

使用波長	λ (nm)	780
第1光学素子屈折率	n_1	1.5242
第2光学素子屈折率	n_2	1.5242
偏向手段入射角	θ_1 (deg)	90
片側最大走査角	θ_{max} (deg)	45
偏向面～第1光学素子距離	d_1 (mm)	25.00
第1光学素子中心厚	d_2 (mm)	5.60
第1光学素子～第2光学素子距離	d_3 (mm)	5.40
第2光学素子中心厚	d_4 (mm)	8.00
第2光学素子～被走査面距離	d_5 (mm)	113.50
$f\theta$ 係数	f	136
偏向手段(回転多面鏡)	ϕ 20、4面	

【0029】

【表2】

表-2

	回折系 形状			
	第1光学素子		第2光学素子	
	第1面	第2面	第1面	第2面
R	-63.66	-69.19	49.35	66.22
Ku	0	0	-1.18E+01	-2.32E+01
B4u	0	0	-1.17E-06	-2.01E-06
B6u	0	0	2.85E-10	5.39E-10
B8u	0	0	-1.72E-13	-2.18E-13
B10u	0	0	3.21E-17	1.83E-17
Kl	0	0	-1.18E+01	-2.32E+01
B4l	0	0	-1.17E-06	-2.01E-06
B6l	0	0	2.85E-10	5.39E-10
B8l	0	0	-1.72E-13	-2.18E-13
B10l	0	0	3.21E-17	1.83E-17
r	-63.66	-69.19	-79.67	-18.22
D2u	0	0	4.88E-03	1.34E-03
D4u	0	0	1.09E-05	-1.17E-06
D6u	0	0	-2.12E-08	-6.20E-10
D8u	0	0	-1.75E-11	1.38E-12
D10u	0	0	2.60E-14	-4.62E-16
D2l	0	0	4.88E-03	1.34E-03
D4l	0	0	1.09E-05	-1.17E-06
D6l	0	0	-2.12E-08	-6.20E-10
D8l	0	0	-1.75E-11	1.38E-12
D10l	0	0	2.60E-14	-4.62E-16

	回折系 形状			
	第1光学素子		第2光学素子	
	第1面	第2面	第1面	第2面
C1	0	0	0	0
C2	0	-8.91E-04	0	0
C3	0	0	0	0
C4	0	0	0	0
C5	0	0	0	0
C6	0	0	0	0
C7	0	0	0	0
C8	0	0	0	0
C9	0	0	0	0
C10	0	0	0	0
E1	0	-7.81E-03	0	0
E2	0	0	0	0
E3	0	0	0	0
E4	0	0	0	0
E5	0	0	0	0
E6	0	0	0	0
E7	0	0	0	0
E8	0	0	0	0
E9	0	0	0	0

図4、図5から明らかなように本実施形態では回折系のパワーを主走査方向、副走査方向ともに所望の正(凸)パワーに設定している。回折系のパワーを所望の正(凸)に設定することにより、走査光学手段6の環境変動によるレンズ材質の屈折率変化で生じるピント移動(収差変動)を、光源手段1の波長変動に起因する回折パワーの変化によって補正することができる。つまり例えば温度が上昇するとプラスチック材料の屈折率は小さくなるために、ピント位置は走査光学手段6から遠ざかる方向に変化する。しかしながらこのとき光源手段である半導体レーザー1の波長は長波長側へシフトする為、回折系の正(凸)のパワーは強くなり、ピント位置を走査光学手段6側に变化させる。従って走査光学装置全系において、ピント変化を相殺させて温度補償効果を有することができる。

【0030】図6は本実施形態における昇温前後の主走査方向の像面湾曲を示した図、図7は本実施形態における昇温前後の副走査方向の像面湾曲を示した図、図8は

本実施形態における歪曲収差($f\theta$ 特性)及び像高ずれ等を示した図である。図6、図7に示した像面湾曲において点線は常温25℃での像面湾曲、実線は25℃昇温した50℃ときの像面湾曲を示している。ここで25℃昇温したときの第1の光学素子6a及び第2の光学素子6bの屈折率 n^* 、及び光源手段1の波長 λ^* は各々、 $n^*=1.5221$

$\lambda^*=786.4\text{nm}$

である。同図より主走査方向、副走査方向ともにピント移動が良好に補正されていることが解る。

【0031】本実施形態においては走査光学手段6を2枚のレンズで構成している為、主走査方向のコマ収差を良好に補正することができる。図29にスポット径を80 μm に設定したときの各像高における瞳10割光線のコマ収差(単位:波長 λ 、横軸:像高)を示す。最も収差の大きい中間像高においても0.06 λ 程度であり、さらにスポット径を小さくすることができる。

【0032】また本実施形態においては回折光学素子8

を第1の光学素子6aの光線射出側である第2面6a2に形成している。これは主走査断面内において回折光学素子(回折光学面)に対する光線の入射角度(図26における角度 θ_i)を小さく抑えることを目的としている。例えば入射角度が大きくなればなるほど、使用回数以外の他次数回折光の発生が大きくなり、回折効率の低下、及び他次数回折光によるフレア等の弊害を招いてしまう。回折光学面を第2面6a2に形成することにより、弊害の低減を図ることができる。

【0033】本実施形態における回折格子形状は図26で示す鋸歯状のブレード回折格子であるが、階段状の回折格子から成るバイナリー回折格子でも良い。図26において、Pは格子ピッチ、hは格子高さで、屈折率をnとすると、

$$h = \lambda / (n - 1)$$

で与えられる。本実施形態における使用回折光は1次光であるが、例えば2次光を使用することにより、パワー変化無しにピッチPと高さhを2倍にすることができる。

【0034】このように本実施形態では上述の如く走査光学手段6を構成する第1、第2の光学素子6a、6bのうち第1の光学素子6a面上に回折光学素子8を形成することにより、環境変動(温度変化)によるピント変化に強く、かつ簡易な構成で、高精細な印字が得られる小型の走査光学装置を得ることができる。

【0035】尚、本実施形態では回折系によるパワーが主走査方向、副走査方向ともに異なる正(凸)になるように第1の光学素子6aの第2面6a2上に回折光学素子8を形成したが、例えば第1の光学素子6a面上に主走査方向に正のパワーを有する回折光学素子、第2の光学素子6b面上に副走査方向に正のパワーを有する回折光学素子を形成しても良い。またその逆の構成(第1の光学素子6a面上に副走査方向に正のパワーを有する回折光学素子、第2の光学素子6b面上に主走査方向に正のパワーを有する回折光学素子)であっても良い。

【0036】また本実施形態では回折光学素子を主走査方向、副走査方向ともに正の回折パワーを有するように構成したが、どちらか一方のみであっても良い。

【0037】図9は本発明の実施形態2の走査光学装置

の主走査方向の要部断面図(主走査断面図)である。同図において図1に示した要素と同一要素には同符番を付している。

【0038】本実施形態において前述の実施形態1と異なる点は第2の光学素子面上に回折光学素子を形成したことである。その他の構成及び光学的作用は実施形態1と略同様であり、これにより同様な効果を得ている。

【0039】即ち、同図において26はf θ 特性を有する走査光学手段であり、第1、第2の光学素子(f θ レンズ系)26a、26bを有している。第1の光学素子26aは第1面(光線入射面)26a1、第2面(光線射出面)26a2ともに被走査面側に正(凸)を向けた球面で構成されている。第2の光学素子26bは主走査方向、副走査方向ともに異なる正(凸)のパワーを有するアナモフィックレンズより成り、第1面(光線入射面)26b1、第2面(光線射出面)26b2ともにトーリック面で構成されている。主走査方向は第1面26b1、第2面26b2ともに非球面形状であり、副走査方向は第1面26b1、第2面26b2ともに曲率半径が光軸から離れるに従い連続的に変化している。回折系によるパワーは主走査方向、副走査方向ともに異なる正(凸)になるように、第2面26b2に回折光学素子28が形成されている。これらの第1、第2の光学素子26a、26bは共にプラスチック材料で成形されている。さらに走査光学手段26は副走査断面内において偏向面5aと被走査面7との間を共役関係にすることにより、倒れ補正機能を有している。

【0040】表-3に本実施形態における光学配置を示し、表-4に屈折系の非球面係数及び回折系の位相係数を示す。図10、図11、図12、図13は各々第2の光学素子26bの第2面26b2における回折光学素子28の形態を示す図である。各図において横軸は回折光学素子28におけるY軸座標を表わす。図10は主走査断面内の位相量(単位: λ)、図11は主走査断面内の1次回折光での回折格子のピッチ(単位: μm)、図12は主走査方向のパワー、図13は副走査方向のパワーを示す図である。

【0041】

【表3】

表-3

使用波長	λ (nm)	780
第1光学素子屈折率	n1	1.5242
第2光学素子屈折率	n2	1.5242
偏向手段入射角	θ (deg)	90
片側最大走査角	θ_{\max} (deg)	45
偏向面～第1光学素子距離	d1(mm)	25.00
第1光学素子中心厚	d2(mm)	5.60
第1光学素子～第2光学素子距離	d3(mm)	5.40
第2光学素子中心厚	d4(mm)	8.00
第2光学素子～被走査面距離	d5(mm)	113.50
f θ 係数	f	136
偏向手段(回転多面鏡)	ϕ 20、4面	

【0042】

【表4】

表-4

	屈折系 形状			
	第1光学素子		第2光学素子	
	第1面	第2面	第1面	第2面
R	-126.80	-118.78	50.99	61.86
Ku	0	0	-1.32E+01	-1.94E+01
B4u	0	0	-1.82E-08	-1.84E-08
B6u	0	0	6.14E-10	6.23E-10
B8u	0	0	-1.18E-13	-1.76E-13
B10u	0	0	2.75E-17	4.39E-17
Kl	0	0	-1.32E+01	-1.94E+01
B4l	0	0	-1.62E-06	-1.84E-06
B6l	0	0	6.14E-10	6.23E-10
B8l	0	0	-1.18E-13	-1.76E-13
B10l	0	0	2.75E-17	4.39E-17
r	-126.80	-118.75	-18.67	-13.46
D2u	0	0	5.06E-03	2.27E-03
D4u	0	0	6.54E-06	-8.35E-07
D6u	0	0	2.80E-09	-4.22E-10
D8u	0	0	-1.12E-11	6.97E-13
D10u	0	0	1.20E-14	-2.15E-16
D2l	0	0	5.06E-03	2.27E-03
D4l	0	0	6.54E-06	-8.35E-07
D6l	0	0	2.80E-09	-4.22E-10
D8l	0	0	-1.12E-11	6.97E-13
D10l	0	0	1.20E-14	-2.15E-16

	回折系 形状			
	第1光学素子		第2光学素子	
	第1面	第2面	第1面	第2面
C1	0	0	0	0
C2	0	0	0	-1.01E-03
C3	0	0	0	0
C4	0	0	0	-2.14E-08
C5	0	0	0	0
C6	0	0	0	0
C7	0	0	0	0
C8	0	0	0	0
C9	0	0	0	0
C10	0	0	0	0
E1	0	0	0	-6.59E-03
E2	0	0	0	0
E3	0	0	0	3.86E-07
E4	0	0	0	0
E5	0	0	0	0
E6	0	0	0	0
E7	0	0	0	0
E8	0	0	0	0
E9	0	0	0	0

図12、図13から明らかなように本実施形態では回折系のパワーを主走査方向、副走査方向ともに所望の正(凸)パワーに設定している。

【0043】本実施形態では前述の実施形態1と同様に

走査光学装置全系において、ピント変化を相殺させて温度補償効果を有することができる。さらに主走査方向においては非球面効果を有し、副走査方向においては軸上から軸外にかけてパワーを変化させることによって収差補

正に寄与している。

【0044】図14は本実施形態における昇温前後の主走査方向の像面湾曲を示した図、図15は本実施形態における昇温前後の副走査方向の像面湾曲を示した図、図16は本実施形態における歪曲収差($f\theta$ 特性)及び像高ずれ等を示した図である。図14、図15に示した像面湾曲において点線は常温25℃での像面湾曲、実線は25℃昇温した50℃ときの像面湾曲を示している。ここで25℃昇温したときの第1の光学素子26a及び第2の光学素子26bの屈折率 n^* 、及び光源手段1の波長 λ^* は各々、

$$n^* = 1.5221$$

$$\lambda^* = 786.4 \text{ nm}$$

である。同図より主走査方向、副走査方向ともにピント移動が良好に補正されていることが解る。

【0045】本実施形態においては走査光学手段26を2枚のレンズで構成している為、主走査方向のコマ収差を良好に補正することができる。図30にスポット径を80 μm に設定したときの各像高における瞳10割光線のコマ収差(単位: 波長 λ 、横軸: 像高)を示す。最も収差の大きい中間像高においても0.07 λ 程度であり、さらにスポット径を小さくすることができる。

【0046】また本実施形態においては回折光学素子28を第2の光学素子26bの光線射出側である第2面26b2に形成している。回折光学素子を第2面に形成することにより、他次数回折光による弊害の低減を図ることができる。

【0047】本実施形態における回折格子形状は図26で示す鋸歯状のブレード回折格子であるが、階段状の回折格子から成るバイナリー回折格子でも良い。図26においてPは格子ピッチ、hは格子高さで、屈折率を n とすると、

$$h = \lambda / (n - 1)$$

で与えられる。本実施形態における使用回折光は1次光であるが、例えば2次光を使用することにより、パワー変化無しにピッチPと高さhを2倍にすることができる。

【0048】このように本実施形態では上述の如く走査光学手段26を構成する第1、第2の光学素子26a、26bのうち第2の光学素子26b面上に回折光学素子28を形成することにより、環境変動(温度変化)によるピント変化に強く、かつ簡易な構成で、高精細な印字が得られる小型の走査光学装置を得ることができる。

【0049】図17は本発明の実施形態3のマルチビーム走査光学装置の主走査方向の要部断面図(主走査断面図)である。同図において図1に示した要素と同一要素には同符番を付している。

【0050】同図において21は複数の発光部(本実施形態では第1、第2の2つの発光部)を有する光源手段であり、例えばマルチ半導体レーザーより成っている。

36は $f\theta$ 特性を有する走査光学手段であり、第1、第2の光学素子($f\theta$ レンズ系)36a、36bを有している。第1の光学素子36aは第1面(光線入射面)36a1、第2面(光線射出面)36a2ともに被走査面側に正(凸)を向けた球面で構成され、回折系による副走査方向のパワーが正(凸)になるように第2面36a2に回折光学素子38が形成されている。第2の光学素子36bは主走査方向、副走査方向ともに異なる正(凸)のパワーを有するアナモフィックレンズより成り、第1面(光線入射面)36b1、第2面(光線射出面)36b2ともにトーリック面で構成されている。主走査方向は第1面36b1、第2面36b2ともに非球面形状であり、副走査方向は第1面36b1、第2面36b2ともに曲率半径が光軸から離れるに従い連続的に変化している。回折系による主走査方向のパワーが正(凸)になるように、第2面36b2に回折光学素子39が形成されている。これらの第1、第2の光学素子36a、36bは共にプラスチック材料で成形されている。さらに走査光学手段36は副走査断面内において偏向面5aと被走査面7との間を共役関係にすることにより、倒れ補正機能を有している。

【0051】本実施形態においてマルチ半導体レーザー21より射出した複数の発散光束はコリメーターレンズ2により収束光束に変換され、開口絞り3によって所望のビーム形状に整形してシリンドリカルレンズ4に入射する。シリンドリカルレンズ4に入射した複数の光束のうち主走査断面内においてはそのままの状態で射出する。また副走査断面内においては収束して光偏向器5の偏向面5aにはぼ線像(主走査方向に長手の線像)として結像する。そして光偏向器5の偏向面5aで反射偏向された複数の光束は走査光学手段6により感光ドラム面7上にスポット形状に結像され、該光偏向器5を矢印A方向に回転させることによって、該感光ドラム面7上を複数の光束で矢印B方向(主走査方向)に等速度で光走査している。これにより記録媒体である感光ドラム面7上に画像記録を行なっている。

【0052】表-5に本実施形態における光学配置を示し、表-6に屈折系の非球面係数及び回折系の位相係数を示す。図18、図19、図20は各々第2の光学素子36bの第2面36b2における回折光学素子39の形態を示す図、図21は第1の光学素子36aの第2面36a2における回折光学素子の形態を示す図である。各図において横軸は回折光学素子におけるY軸座標を表わす。図18は主走査断面内の位相量(単位: λ)、図19は主走査断面内の1次回折光での回折格子のピッチ(単位: μm)、図20は主走査方向のパワー、図21は副走査方向のパワーを示す図である。

【0053】

【表5】

表-5

使用波長	λ (nm)	780
第1光学素子屈折率	n_1	1.5242
第2光学素子屈折率	n_2	1.5242
偏向手段入射角	θ_1 (deg)	90
片側最大走査角	θ_{\max} (deg)	45
偏向面～第1光学素子距離	d_1 (mm)	25.00
第1光学素子中心厚	d_2 (mm)	5.60
第1光学素子～第2光学素子距離	d_3 (mm)	5.40
第2光学素子中心厚	d_4 (mm)	8.00
第2光学素子～被走査面距離	d_5 (mm)	113.50
f θ 係数	f	136
偏向手段(回転多面鏡)	ϕ 20、4面	

【0054】

【表6】

表-6

	屈折率 形状			
	第1光学素子		第2光学素子	
	第1面	第2面	第1面	第2面
R	-78.80	-69.51	61.72	72.08
Ku	0	0	-1.09E+01	-2.41E+01
B4u	0	0	-1.44E-08	-1.99E-06
B6u	0	0	4.78E-10	4.46E-10
B8u	0	0	-2.98E-14	-4.12E-14
B10u	0	0	5.67E-18	1.97E-17
Kl	0	0	-1.09E+01	-2.41E+01
B4l	0	0	-1.44E-08	-1.99E-06
B6l	0	0	4.78E-10	4.46E-10
B8l	0	0	-2.98E-14	-4.12E-14
B10l	0	0	5.67E-18	1.97E-17
r	-78.80	-69.51	-60.65	-18.63
D2u	0	0	4.70E-03	1.42E-03
D4u	0	0	2.24E-05	-1.16E-08
D6u	0	0	-4.17E-08	-8.88E-10
D8u	0	0	-1.07E-11	1.36E-12
D10u	0	0	2.85E-14	-4.43E-18
D2l	0	0	4.70E-03	1.42E-03
D4l	0	0	2.24E-05	-1.16E-08
D6l	0	0	-4.17E-08	-8.88E-10
D8l	0	0	-1.07E-11	1.36E-12
D10l	0	0	2.85E-14	-4.43E-18

	屈折率 形状			
	第1光学素子		第2光学素子	
	第1面	第2面	第1面	第2面
C1	0	0	0	0
C2	0	0	0	-7.46E-05
C3	0	0	0	0
C4	0	0	0	0
C5	0	0	0	0
C6	0	0	0	0
C7	0	0	0	0
C8	0	0	0	0
C9	0	0	0	0
C10	0	0	0	0
E1	0	-7.88E-03	0	0
E2	0	0	0	0
E3	0	0	0	0
E4	0	0	0	0
E5	0	0	0	0
E6	0	0	0	0
E7	0	0	0	0
E8	0	0	0	0
E9	0	0	0	0

図21から明らかなように本実施形態では回折系のパワーを副走査方向に所望の正(凸)パワーに設定している。

【0055】本実施形態では回折系のパワーを所望の正

(凸)に設定することにより、走査光学手段36の環境変動によるレンズ材質の屈折率変化で生じるピント移動(収差変動)を、光源手段1の波長変動に起因する回折パワーの変化によって補正することができる。つまり例

えば温度が上昇するとプラスチック材料の屈折率は小さくなるために、ピント位置は走査光学手段36から遠ざかる方向に変化する。しかしながらこのとき光源手段である半導体レーザー1の波長は長波長側へシフトする為、回折系の正(凸)パワーは強くなり、ピント位置を走査光学手段36側に变化させる。従って走査光学装置全系において、ピント変化を相殺させて温度補償効果を有することができる。

【0056】図22は本実施形態における昇温前後の主走査方向の像面湾曲を示した図、図23は本実施形態における昇温前後の副走査方向の像面湾曲を示した図、図24は本実施形態における歪曲収差($f\theta$ 特性)及び像高ずれ等を示した図である。図22、図23に示した像面湾曲において点線は常温25℃での像面湾曲、実線は25℃昇温した50℃ときの像面湾曲を示している。ここで25℃昇温したときの第1の光学素子36a及び第2の光学素子36bの屈折率 n^* 、及び光源手段1の波長 λ^* は各々、

$$n^* = 1.5221$$

$$\lambda^* = 786.4 \text{ nm}$$

である。同図より副走査方向においてピント移動が良好に補正されていることが解る。

【0057】図20から明らかなように本実施形態では倍率色収差を良好に補正するために回折系のパワーを主走査方向に所望の弱正(凸)パワーに設定している。図25に本実施形態における倍率色収差を示す。ここで横軸は像高、縦軸は像高差である。マルチビーム走査光学装置において、例えば第1、第2の発光部を有する光源手段から射出される各光束の波長に差が生じた場合、各々の光束で像高差、倍率色収差等が発生する。この色収差を補正するために回折系のパワーを弱正(凸)パワーに設定する。ここで波長差が生じたときの例えば第2の発光部に対する第1、第2の光学素子36a、36bの屈折率 n^{**} 、及び第2の発光部の波長 λ^{**} は各々、

$$n^{**} = 1.5240$$

$$\lambda^{**} = 790.0 \text{ nm}$$

である。図25により各発光部の波長における全走査幅の差、即ちジッタ量は1 μm 以下であり、倍率色収差が良好に補正されていることが分かる。

【0058】本実施形態においては走査光学手段36を2枚のレンズで構成している為、主走査方向のコマ収差を良好に補正することができる。図31にスポット径を80 μm に設定したときの各像高における瞳10割光線のコマ収差(単位:波長 λ 、横軸:像高)を示す。最も収差の大きい中間像高においても0.06 λ 程度であり、さらにスポット径を小さくすることができる。

【0059】また本実施形態においては主走査方向にパワーを有する回折光学素子39を第2の光学素子36bの光線射出側である第2面36b2に形成している。これは主走査断面内において回折光学素子(回折光学面)

に対する光線の入射角度(図26における角度 θ_i)を小さく抑えることを目的としている。例えば入射角度が大きくなればなるほど、使用回数以外の他次数回折光の発生が大きくなり、回折効率の低下、及び他次数回折光によるフレア等の弊害を招いてしまう。回折光学面を第2面36b2に形成することにより、弊害の低減を図ることができる。

【0060】本実施形態における回折格子形状は図26で示す鋸歯状のブレード回折格子であるが、階段状の回折格子から成るバイナリー回折格子でも良い。図26において、Pは格子ピッチ、hは格子高さで、屈折率を n とすると、

$$h = \lambda / (n - 1)$$

で与えられる。本実施形態における使用回折光は1次光であるが、例えば2次光を使用することにより、パワー変化無しにピッチPと高さhを2倍にすることができる。

【0061】このように本実施形態では上述の如く走査光学手段36を構成する第1、第2の光学素子36a、36bの双方の光学素子面上に回折光学素子を形成することにより、環境変動(温度変化)によるピント変化や倍率変化に強く、かつ簡易な構成で、高精細な印字が得られる小型のマルチビーム走査光学装置を得ることができる。

【0062】尚、本実施形態では主走査方向、副走査方向ともに異なる正のパワーを有する2つの回折光学素子38、39を各々第1、第2の光学素子36a、36b面上に形成したが、前述の実施形態1、2と同様に第1、第2の光学素子のうち、どちらか一方のみの光学素子面上に形成しても良い。

【0063】また各実施形態においては光源手段から射出された光束を主走査断面内において収束光束に変換して偏向手段により偏向する収束光学系を用いて説明したが、もちろん光源手段から射出された光束を主走査断面内において平行光束に変換して偏向手段に偏向する平行光学系にも適用することができる。

【0064】

【発明の効果】第1の発明によれば前述の如く走査光学装置において、走査光学手段を構成する複数の光学素子のうち少なくとも1つの曲面上に回折光学素子を形成することにより、環境変動(温度変化)によるピント変化に強く、かつ簡易な構成で、高精細な印字が得られる小型の走査光学装置を達成することができる。

【0065】第2の発明によれば前述の如くマルチビーム走査光学装置において、走査光学手段を構成する複数の光学素子のうち少なくとも1つの曲面上に回折光学素子を形成することにより、環境変動(温度変化)によるピント変化や倍率変化に強く、かつ簡易な構成で、高精細な印字が得られる小型のマルチビーム走査光学装置を達成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施形態1の主走査方向の要部断面図(主走査断面図)

【図2】 本発明の実施形態1の第1の光学素子の回折系の位相量を示す図

【図3】 本発明の実施形態1の第1の光学素子の回折格子のピッチを示す図

【図4】 本発明の実施形態1の第1の光学素子の主走査方向の回折パワーを示す図

【図5】 本発明の実施形態1の第1の光学素子の副走査方向の回折パワーを示す図

【図6】 本発明の実施形態1の昇温前後の主走査方向の像面湾曲を示す図

【図7】 本発明の実施形態1の昇温前後の副走査方向の像面湾曲を示す図

【図8】 本発明の実施形態1の歪曲収差($f\theta$ 特性)及び像高ずれを示す図

【図9】 本発明の実施形態2の主走査方向の要部断面図(主走査断面図)

【図10】 本発明の実施形態2の第2の光学素子の回折系の位相量を示す図

【図11】 本発明の実施形態2の第2の光学素子の回折格子のピッチを示す図

【図12】 本発明の実施形態2の第2の光学素子の主走査方向の回折パワーを示す図

【図13】 本発明の実施形態2の第2の光学素子の副走査方向の回折パワーを示す図

【図14】 本発明の実施形態2の昇温前後の主走査方向の像面湾曲を示す図

【図15】 本発明の実施形態2の昇温前後の副走査方向の像面湾曲を示す図

【図16】 本発明の実施形態2の歪曲収差($f\theta$ 特性)及び像高ずれを示す図

【図17】 本発明の実施形態3の主走査方向の要部断面図(主走査断面図)

【図18】 本発明の実施形態3の第2の光学素子の回折系の位相量を示す図

【図19】 本発明の実施形態3の第2の光学素子の回

折格子のピッチを示す図

【図20】 本発明の実施形態3の第2の光学素子の主走査方向の回折パワーを示す図

【図21】 本発明の実施形態3の第1の光学素子の副走査方向の回折パワーを示す図

【図22】 本発明の実施形態3の昇温前後の主走査方向の像面湾曲を示す図

【図23】 本発明の実施形態3の昇温前後の副走査方向の像面湾曲を示す図

【図24】 本発明の実施形態3の歪曲収差($f\theta$ 特性)及び像高ずれを示す図

【図25】 本発明の実施形態3の倍率色収差を示す収差図

【図26】 回折格子形状を示す図

【図27】 従来の走査光学装置の主走査方向の要部断面図(主走査断面図)

【図28】 従来の走査光学装置の主走査方向のコマ収差を示す図

【図29】 本発明の実施形態1の主走査方向のコマ収差を示す図

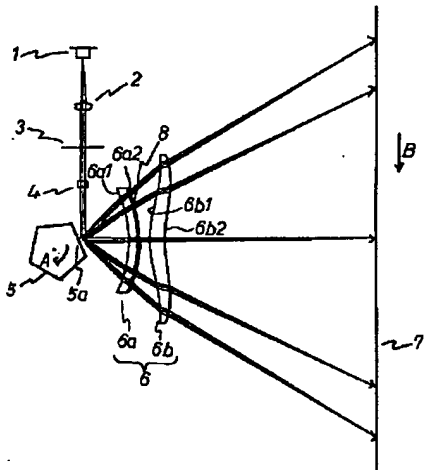
【図30】 本発明の実施形態2の主走査方向のコマ収差を示す図

【図31】 本発明の実施形態3の主走査方向のコマ収差を示す図

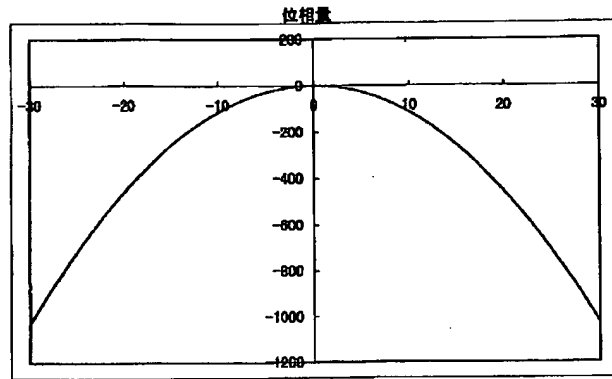
【符号の説明】

- | | |
|---------------|------------------|
| 1 | 光源手段(半導体レーザー) |
| 21 | 光源手段(マルチ半導体レーザー) |
| 2 | 変換光学素子 |
| 3 | 開口絞り |
| 4 | シリンドリカルレンズ |
| 5 | 偏向手段(光偏向器) |
| 5a | 偏向面 |
| 6, 26, 36 | 走査光学手段 |
| 6a, 26a, 36a | 第1の光学素子 |
| 6b, 26b, 36b | 第2の光学素子 |
| 7 | 被走査面(感光ドラム面) |
| 8, 28, 38, 39 | 回折光学素子 |

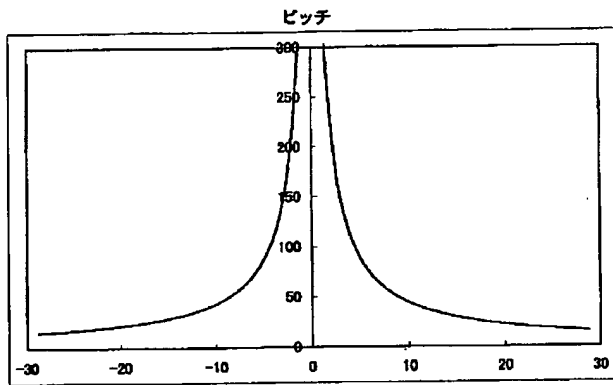
【図1】



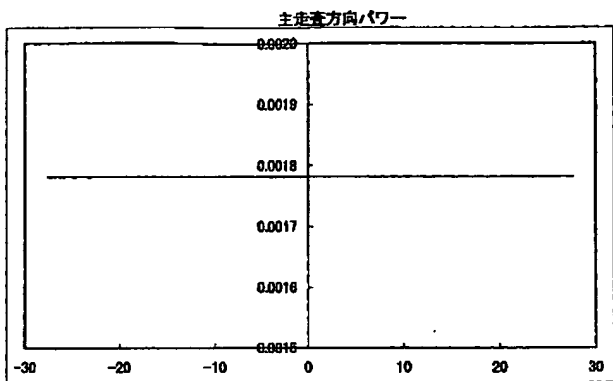
【図2】



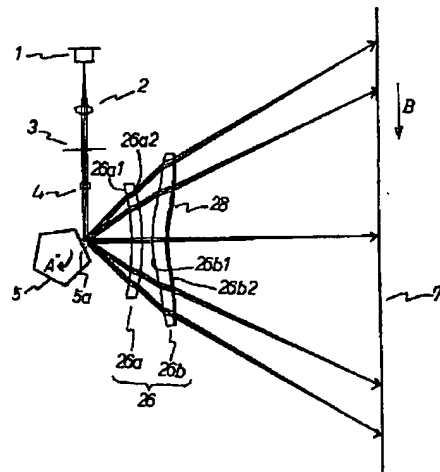
【図3】



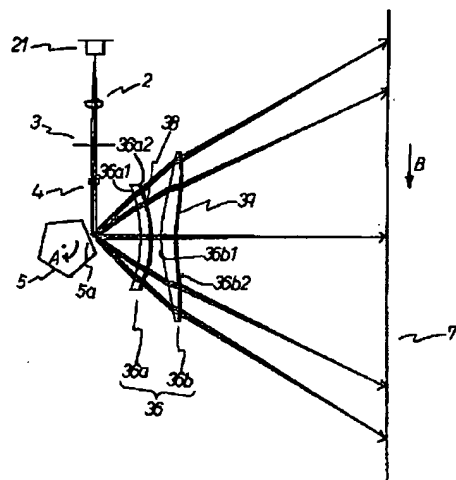
【図4】



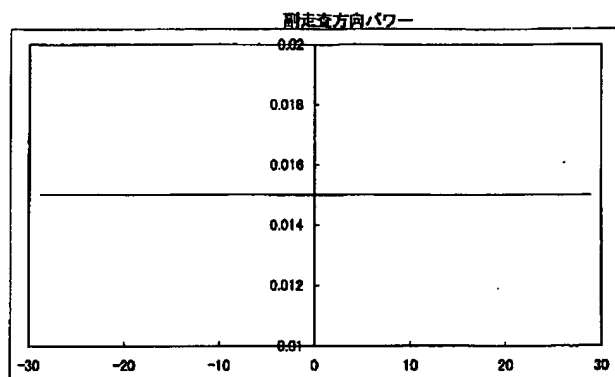
【図9】



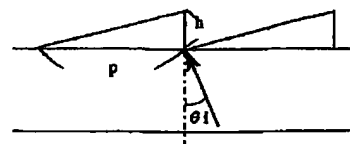
【図17】



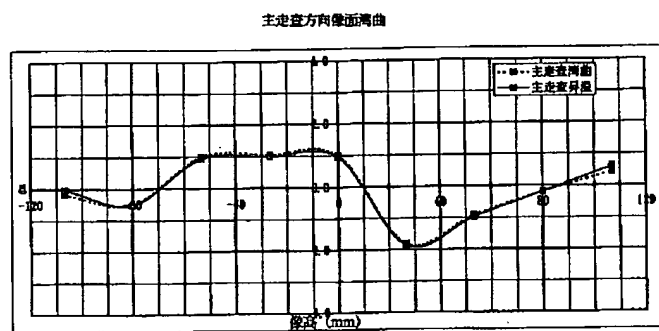
【図5】



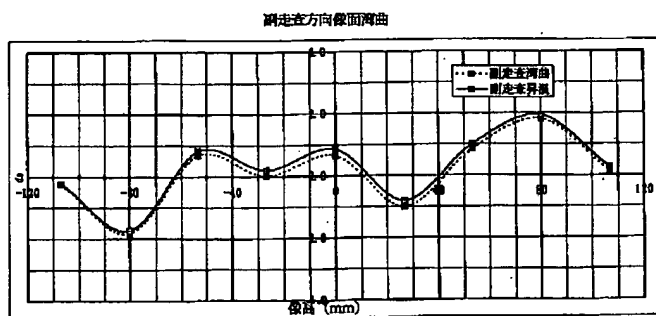
【図26】



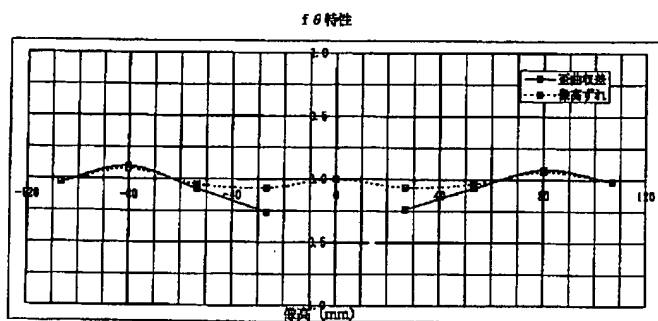
【図6】



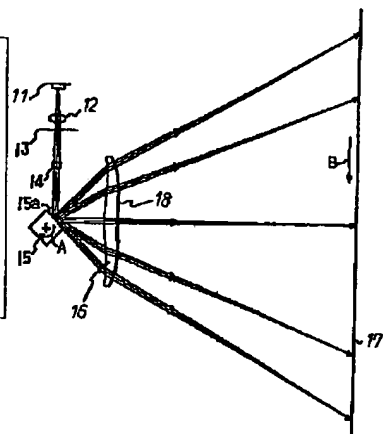
【図7】



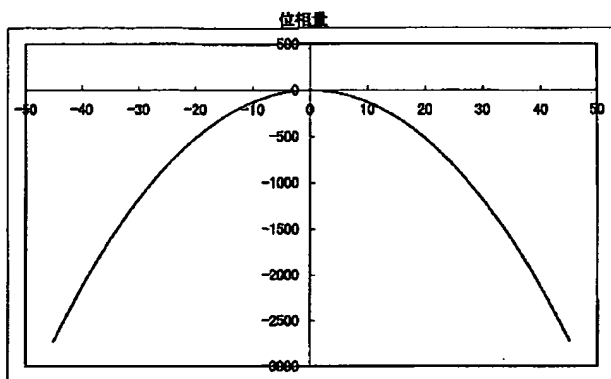
【図8】



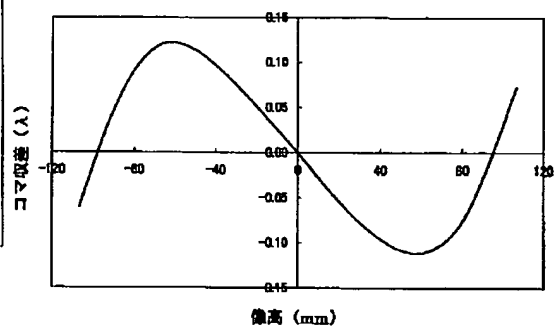
【図27】



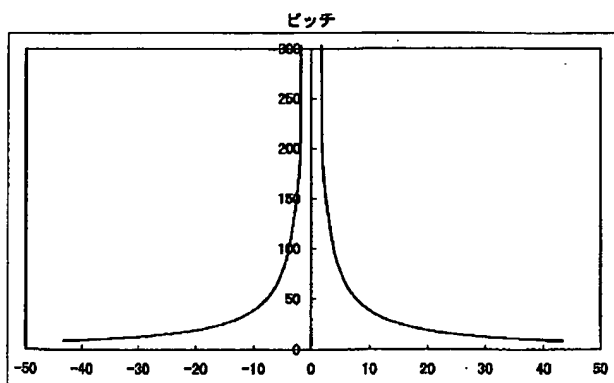
【図10】



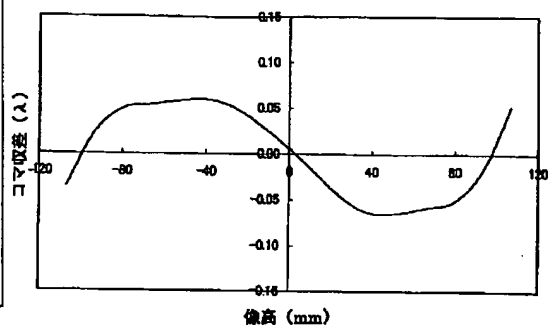
【図28】



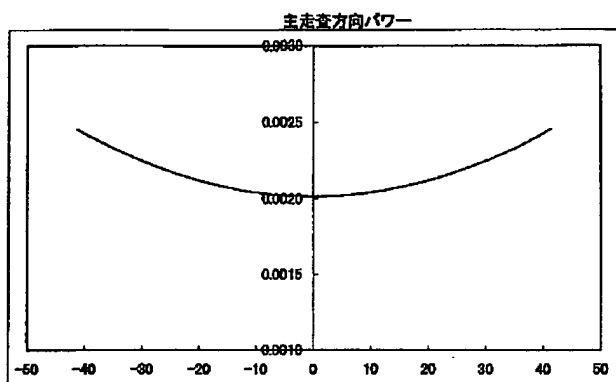
【図11】



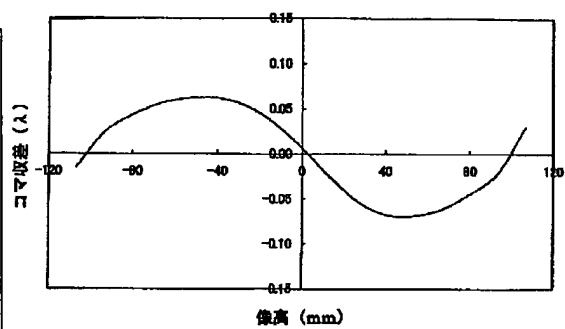
【図29】



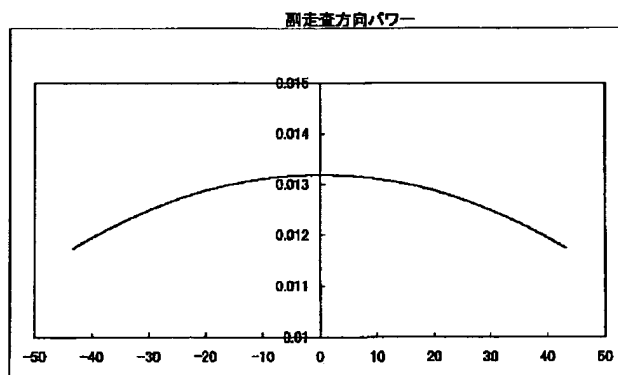
【図12】



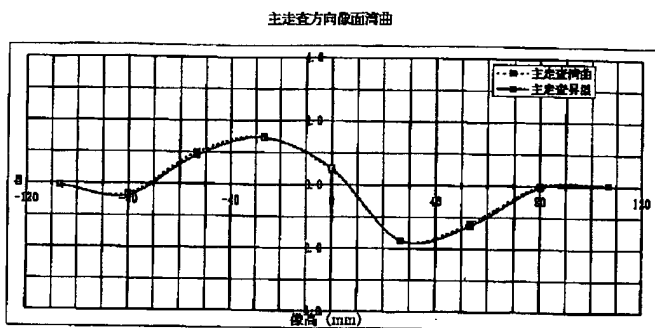
【図30】



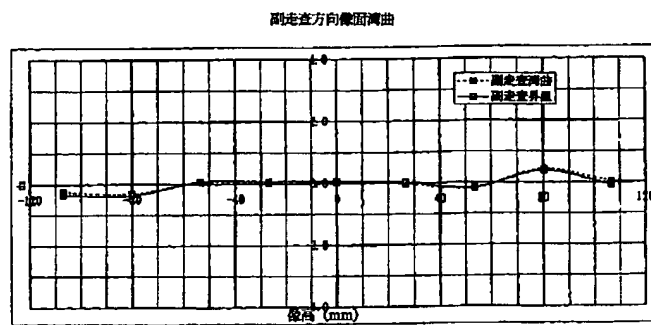
【図13】



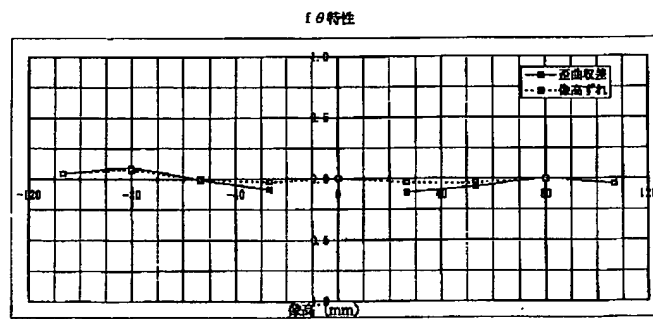
【図14】



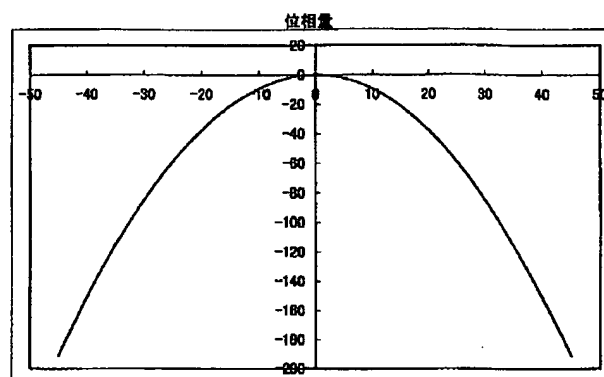
【図15】



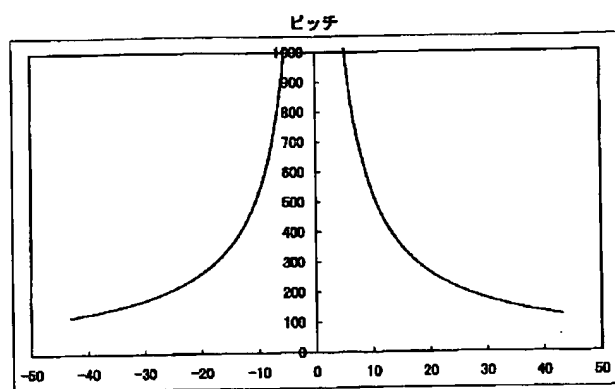
【図16】



【図18】

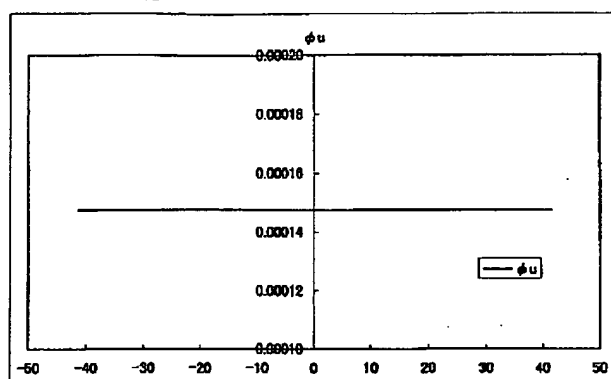


【図19】



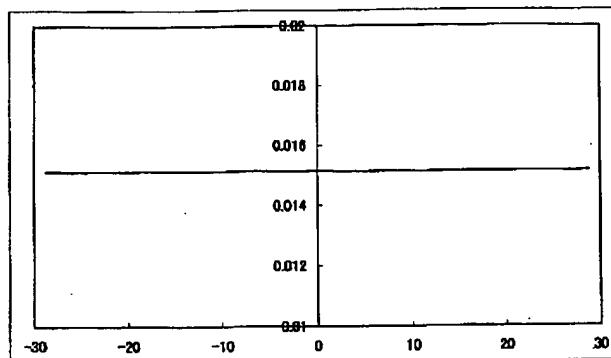
【図20】

主走査方向パワー（第2の光学素子の第2面）

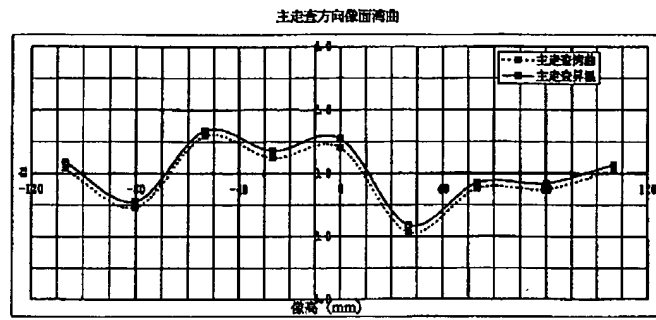


【図21】

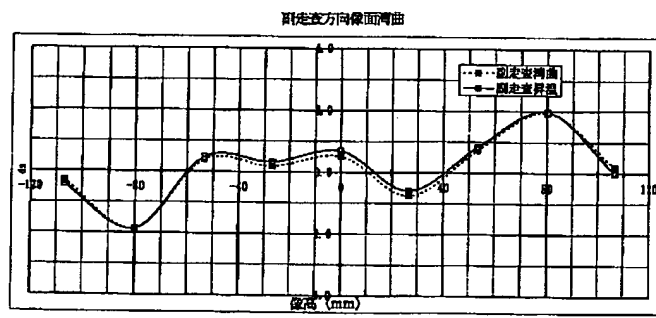
副走査方向パワー（第1の光学素子の第2面）



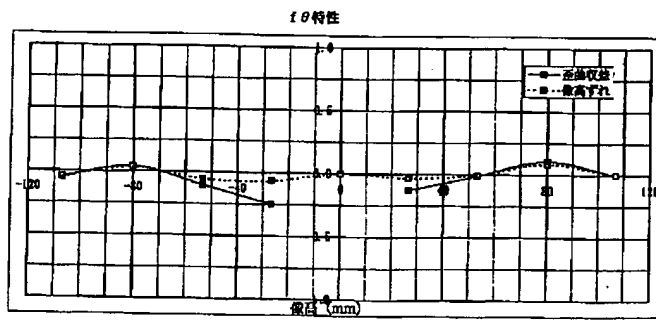
【図22】



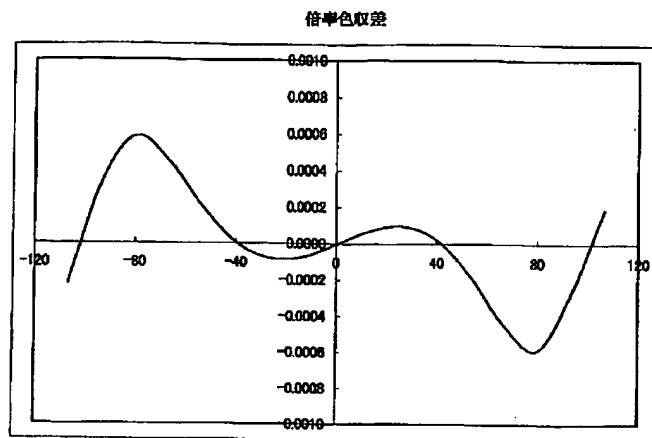
【図23】



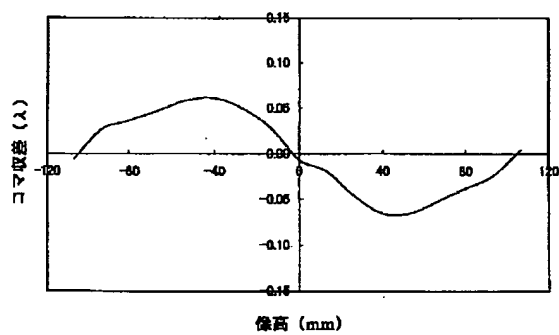
【図24】



【図25】



【図31】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁷
H04N 1/113

識別記号

FI
H04N 1/04

フィールド (参考)
104A

Fターム(参考) 2C362 AA03 AA46 BA58 BA83 BA86
2H045 AA01 BA23 BA33 CA04 CA34
CA55 CA68 CB15 CB22 CB24
CB65
2H049 AA50 AA51 AA56 AA63
5C072 AA03 BA01 BA02 BA04 BA12
HA02 HA06 HA09 HA13 HA16
XA01 XA05